

Joni Löf

Käyttöönottotarkastukset käytännössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

24.4.2016

Tekijä Otsikko	Joni Löf Käyttöönottotarkastukset käytännössä
Sivumäärä Aika	36 sivua + 5 liitettä 24.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Matti Sundgren, lehtori
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli luoda yleisluontoinen kuva lakien ja standardien asettamista vaatimuksista käyttöönottotarkastuksille sekä tuoda esiin, mitä käyttöönottotarkastusten suunnittelussa ja toteutuksessa on syytä ottaa huomioon. Lisäksi työssä tarkasteltiin käyttöönottotarkastusten toteutusta käytännössä kahden erilaisen esimerkkikohteen kautta. Ensimmäisessä kohteessa sähkölaitteiston rakentaja toteutti itse kaikki käyttöönottotarkastukset ja toisessa esimerkkikohteessa käyttöönottomittaukset toteutti aliurakoitsija.</p> <p>Työssä nousi esiin useita seikkoja, joihin olisi hyvä kiinnittää huomiota käyttöönottotarkastuksia suunnitellessa ja suorittaessa. Näistä eräs keskeisimmistä oli jo suunnitteluvaiheessa tärkeäksi nouseva tarkastusten aikataulutus. Toisaalta kahden kohteen tarkastelun kautta nousivat esiin erot vaatimuksissa erilaisten kohteiden välillä sekä käyttöönottotarkastusten vastuukysymykset. Vastuukysymykset tulisi ottaa huomioon erityisesti, kun mittaukset teetätetään aliurakoitsijalla.</p>	
Avainsanat	Käyttöönottotarkastus, sähkötyöt, mittaukset

Author Title	Joni Löf The Commissioning Inspections in Practice
Number of Pages Date	36 pages + 5 appendices 24 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Matti Sundgren, Senior Lecturer
<p>The aim of this study was to create a generalized picture of requirements that laws and standards set for the commissioning inspections and to point out what should be taken into account when planning and implementing commissioning inspections. In addition, the study examined the implementation in practice through two different example construction projects. In the first project the builder of the electrical installation carried out the commissioning inspections by itself and in the second example project the commissioning inspections were executed by a subcontractor.</p> <p>Examining two different projects proved that there are several factors that should be paid attention to when planning and carrying out the commissioning inspections. Of these, one of the most important is the scheduling of inspections, which importance should be emphasized already at the planning stage. On the other hand, examining the two projects highlighted the differences in the requirements between different projects, as well as the liability issues of the commissioning inspections. Liability issues should be taken into account, in particular, when measurements are commissioned from a subcontractor.</p>	
Keywords	Commissioning inspections, electrical installations, measurements

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tarkastusten vaatimukset	2
2.1	Sähkölaitteistot ja sähkötöiden suoritus	2
2.2	Sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö	3
2.3	Sähkötöturvallisuus	4
2.4	Käyttöönottotarkastusten dokumentointi	4
3	Yleisesti käyttöönottotarkastuksista	6
3.1	Aistinvarainen tarkastus	6
3.2	Jännitteettömät mittaukset	8
3.2.1	Suojajohtimen jatkuvuusmittaus	8
3.2.2	Eristysresistanssin mittaus	10
3.2.3	SELV- ja PELV-järjestelmän mittaaminen	11
3.2.4	Suojaerotuksen mittaaminen	12
3.2.5	Lämmityskaapeli mittaaminen	13
3.3	Syötön automaattisen poiskytkennän tarkastus	13
3.4	Vikavirtasuojan testaus	15
3.5	Kiertosuunnan tarkastus	15
3.6	Turva- ja poistumistievalaistuksen tarkastus	16
3.7	Yleiskaapeloinnin mittaus ja tarkastus	16
4	Käyttöönottotarkastusten suunnittelusta	19
5	Käyttöönottotarkastuksen suorittaminen käytännössä ensimmäisessä esimerkkikohteessa	21
5.1	Mittauksen suunnittelu	21
5.2	Käytetyt välineet	22
5.2.1	Käyttöönottotarkastusmittarit	22
5.2.2	DTX-1800-kaapelitesteri yleiskaapeloinnin tarkastukseen	23
5.3	Aistinvarainen tarkastus	23
5.4	Eristysvastusmittaus	24
5.5	Jatkuvuusmittaus	26

5.6	Syötön automaattinen poiskytkentä	28
5.7	Vikavirtasuojien toiminnan testaus	28
5.8	Toimintakokeet ja tarkastukset	29
5.9	Yleiskaapeloinnin mittaukset	30
6	Käyttöönottotarkastukset esimerkkikohteessa 2	31
7	Loppupäätelmät	33
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1	
	Liite 2	
	Liite 3	
	Liite 4	
	Liite 5	

1 Johdanto

Käyttöönottotarkastukset ovat keskeinen osa sähkötöiden toteutusta. Käyttöönottotarkastusta edellytetään pääsääntöisesti aina ennen kohteen luovutusta lopulliselle käyttäjälle, oli kyseessä sitten uudis-, korjaus-, muutos- tai laajennustyöt sähkölaitteistolle. Niillä varmistetaan toteutetun työn lopullinen turvallisuus ja määräystenmukaisuus. Jokaisen sähkötöitä tekevän olisikin hyvä tuntee käyttöönottotarkastuksia koskevat standardit ja vaatimukset ainakin pintapuolisesti.

Tämän insinööriyön tavoitteena on luoda yleisluontoinen kuva käyttöönottotarkastusten vaatimuksista sekä tuoda esiin, mitä näiden suunnittelussa ja toteutuksessa on syytä ottaa huomioon. Lisäksi työssä tarkastellaan käyttöönottotarkastusten toteutusta käytännössä kahden erilaisen esimerkkikohteen kautta. Ensimmäisessä kohteessa sähkölaitteiston rakentaja toteutti itse kaikki käyttöönottotarkastukset ja toisessa esimerkkikohteessa käyttöönottomittaukset toteutti aliurakoitsija.

Insinööriyö jakautuu kuuteen osaan, joista kahdessa ensimmäisessä pyritään sijoittamaan opinnäytetyö kehykseensä tarkastelemalla lakien ja standardien käyttöönottotarkastuksille asettamia vaatimuksia. Kolmannessa osassa kerrotaan lyhyesti käyttöönottotarkastusten suunnittelusta yleisesti ja kahdessa seuraavassa osassa syvennytään käyttöönottotarkastuksiin käytännössä kahden esimerkkitapauksen kautta. Viimeisessä osassa esitetään loppupäätelmät ja yhteenveto insinööriyössä tehdyistä havainnoista.

2 Tarkastusten vaatimukset

2.1 Sähkölaitteistot ja sähkötöiden suoritus

Sähkölaitteistolle ja -laitteille määritellään mm. seuraavat vaatimukset Sähköturvallisuuslain 410/1996 2 luvussa 5 §:ssä:

- "1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;*
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä*
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti."*

Käyttöönottotarkastettavaa laitteistoa ehdot koskevat siten, että mikäli sähkölaitteisto ei täytä yllämainittuja pykäläiä, sitä ei tule ottaa käyttöön. Lisäksi sähköturvallisuuslain 4. luku 13 § määrittää seuraavaa:

"Sen, joka Suomessa pitää kaupan tai luovuttaa toiselle sähkölaitteita, on voitava osoittaa, että ne ja niiden valmistus täyttävät 5 §:ssä ja 5 a luvussa säädetyt sekä 6 §:n nojalla määrätyt vaatimukset."

Toisin sanoen tilaajalle luovutettava sähkölaitteisto on hyvä valmistaa CE-merkityistä komponenteista riittävän turvallisuustason varmistamiseksi. Tällöin sähkölaitteesta on saatavana vaatimustenmukaisuusvakuutus ja tekninen tiedosto, jonka perusteella käy ilmi, että sähkölaite täyttää turvallisuusvaatimukset.

Edellytyksenä sähkötöiden suorittamiselle esitetään seuraavat vaatimukset Sähköturvallisuuslain 14.6 1996/410 3 luvussa 8 §:

- "1) töitä johtamaan nimetään luonnollinen henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (töiden johtaja);*
- 2) itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla luonnollisella henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito; sekä*
- 3) käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset tilat ja työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännöt ja määräykset."*

2.2 Sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö

Käyttöönottotarkastuksen suorittamisella varmistutaan, ettei sähkölaitteisto aiheuta sähköturvallisuuslaissa määriteltyä vaaraa tai haittaa. Samalla poistetaan työstä aiheutuneet asennusvirheet. Käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia pöytäkirja, josta ilmenevät kohteen tiedot ja tarkastustulokset.(1.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 on käyttöönottotarkastusten suorittamisen kannalta ensiarvoisen tärkeä, koska laissa määritellään, milloin käyttöönottotarkastus on suoritettava ja milloin sähkölaitteiston saa ottaa käyttöön.

Sähkölaitteiston saa ottaa käyttöön, kun käyttöönottotarkastuksella on varmistuttu, että tämä ei aiheuta aiemmassa kappaleessa mainittua vaaraa tai häiriötä. Käyttöönottolanteeksi ei katsota kuitenkaan valvottuja käyttötilanteita, joissa koekäytetään tai tarkastetaan laitteistoa. Ministeriö voi lisäksi määrätä, että sähkölaitteistolle on tehtävä varmennustarkastus ennen tilan ottamista varsinaiseen käyttöönsä tai tietyn määräajan kuluessa käyttöönotosta. Käyttöönottotarkastukset, varmennustarkastukset ja ilmoituksen tekeminen jakeluverkonhaltialle ovat ensisijaisesti sähkölaitteiston rakentajan vastuulla. Mikäli sähkölaitteiston rakentaja ei näitä suorita, ne jäävät sähkölaitteiston haltijan teetettäväksi.(1.)

Se, milloin sähkölaitteisto luokitellaan käyttöönotetuksi, määritellään sähköturvallisuuslain 14.6 1996/410 5 luvussa 16 §:ssä sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö. Lain mukaan käyttöönottotarkastus on tarkastustilanne eikä sitä suoritettaessa laitteiston vielä katsota, että se on otettu käyttöön. Sen sijaan käyttöönotto tapahtuu, kun laitteistoon kytketään jännite sen suunniteltua käyttötarkoitusta varten.

Sähköturvallisuuslaki 14.6 1996/410 5 luku 17 § sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö määrää lisäksi, että joissain tilanteissa sähkölaitteistolle on suoritettava käyttöönottotarkastuksen lisäksi myös varmennustarkastus. Tämän suorittaa sähkölaitteiston rakentajasta ulkopuolinen taho.

2.3 Sähkötyöturvallisuus

Sähköalan työturvallisuus on tarkoin säädeltyä ja koostuu useista tekijöistä. Määräykset koskevat mm. sähköalan töitä tekevän taitoja ja sähkötöissä käytettäviä työvälineitä. Lisäksi oikeiden ja turvallisten työtapojen korostaminen ja kiireen vähentäminen ovat tärkeitä menetelmiä sähkötyöturvallisuuden lisäämisessä (2, s. 47).

Työturvallisuuden takaamiseksi sähköalan töitä tekevän henkilön on oltava riittävän ammattitaitoinen. Ammattitaidon lisäksi töitä tekevän henkilön tulee hallita riittävät perustiedot tehtävästä sähkötyöstä ja sen vaatimuksista. Edellä mainittujen edellytysten täyttymisen varmistaminen on sähkötöiden johtajan vastuulla. Lisäksi Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 516/1996 määrää 29 d §:ssä, että työntekijälle tulee antaa opastusta ja koulutusta, jotta tiedot sähkötöistä pysyvät ajan tasalla.(3.)

Tärkeä osa työturvallisuuden parantamista on sähkötyöturvallisuuskoulutus, joka onkin pakollinen kaikille Suomessa sähkötöitä tekeville. Koulutuksessa tulee käsitellä sähköstä aiheutuvia vaaroja ja tapaturmia sekä sähkötyöturvallisuutta koskevia keskeisiä säädöksiä ja standardeja. Tietojen sisäistäminen on varmistettava esimerkiksi kuulemisella tai kokeella. Sähkötyöturvallisuuskoulutuksen lisäksi sähkötöitä tekevien henkilöiden on pystyttävä antamaan ensiapua sähkön aiheuttamissa tapaturmissa. Tämän takia on tarpeen antaa ensiapukoulutus jokaiselle sähkötöihin osallistuvalla.(4, s. 43)

Sähkötöihin on käytettävä työturvallisuuden takaamiseksi työhön tarkoitettuja työvälineitä ja varusteita. Tällä tarkoitetaan, että työntekijältä on löydyttävä työhön sopiva vaatetus, henkilösuojaimet työn vaatiessa ja tarvittavat työkalut ja varusteet, jotta työturvallisuus pysyy yllä työn aloittamisesta aina työn lopettamiseen.(3.)

2.4 Käyttöönottotarkastusten dokumentointi

Kaikista uusista sähköasennuksista tai muutos- ja laajennustöistä on laadittava käyttöönottotarkastuspöytäkirja. On kuitenkin tapauksia, joissa ei käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa edellytetä ellei sähkölaitteiston käyttäjä edellytä tätä.

Tällaisia tilanteita ovat

- yksittäisten komponenttien lisäys tai tähän rinnastettava työ
- vähäistä vaaraa tai häiriötä aiheuttava sähkötyö
- sähkölaitteistojen asennustyöt joiden nimellisjännite on korkeintaan 120 V Tasajännitteellä tai 50 V vaihtojännitteellä
- tilapäiset sähköasennukset, jotka koostuvat standardien vaatimista osista
- korkeintaan 1000 V syöttöön liittyvät muutostyöt
- kytkinlaitosten muutostyöt joiden nimellisjännite on korkeintaan 1000V ja nimellisarvoja ei muuteta. (5, s. 348)

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjalle ei ole virallista pohjaa, mutta siitä on löydyttävä tietyt tiedot tarkastuksesta. Tällaisia ovat esimerkiksi tarkastetun sähkölaitteiston tarkat yksilöintitiedot siten että, jos kyseessä on vaikkapa rakennuksen laajennus, tulee pöytäkirjasta käydä ilmi, että tämä koskee vain rakennuksen laajennusosaa tai tiettyä kerrosta rakennuksesta. Lisäksi pöytäkirjasta tulee löytyä laitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan yhteistiedot sekä selvitys, täyttääkö tarkastettu sähkölaitteisto sille asetetut säännökset ja standardit. Myös yleiskuvaus käytetyistä mittausmenetelmistä vaaditaan. Liitteenä 1 on ST-kortiston 51.21.05 esimerkkipohja käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta. (5, s. 347)

Vähintään seuraavat mittaukset tulee kirjata keskusalueittain käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan tai tämän liitteeksi:

- kaikki eristysresistanssimittaukset
- kaikki silmukkaimpedanssimittaukset epäedullisimmasta pisteestä
- jatkuvuusmittausten toteutuminen
- kiertosuunta.

Lisäksi kirjataan vikavirtasuojien mittaustulokset ja laitevalmistajien vaatimat mittaukset esimerkiksi lämmityskaapeleista. Nämä kaksi edellä mainittua mittausta eivät ole välttämättä keskuskohtaisia.(6.)

3 Yleisesti käyttöönottotarkastuksista

Käyttöönottotarkastusten tavoitteena on varmentaa työn määräystenmukaisuus sekä poistaa kaikki mahdolliset asennusvirheet, jotta varmistutaan sähkölaitteiston turvallisuudesta ja toimivuudesta. Sähkölaitteiston rakentajan on huolehdittava käyttöönottotarkastuksesta aina riittävässä laajuudessa ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa varsinaiseen tarkoitukseensa (7). Uusien laitteistojen lisäksi myös muutos- ja laajennustyöt on käyttöönottotarkastettava. Jos työmaan aikana otetaan käyttöön keskeneräinen asennus, on tälle asennukselle suoritettava käyttöönottotarkastus ennen käyttöä ja rajattava tarkasti, mikä osa sähkölaitteistosta on tarkastettu (5, s. 331).

Käyttöönottotarkastuksen suorittajan tulee olla sähköalan ammattilainen, koska käyttöönottotarkastukset luokitellaan sähkötyöksi. Hänen tulee tuntea tarvittavat ohjeistukset ja standardit. Lisäksi hänellä tulee olla käytössään tarvittavat työvälineet (3). Standardi SFS 6000-6 luku 61 (7) määrittää vaatimukset käyttöönottotarkastukselle, jota käydään läpi seuraavaksi.

3.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraista tarkastusta tehdään koko työmaan ajan aina työmaan tarvikerahtien purkamisesta lopulliseen käyttöönottotarkastukseen. Aistinvarainen tarkastelu ei pidä sisällään mittauksia vaan tehtävää työtä tai tarkastusta katselmoidaan aistien avulla. Sähköasennustöiden lomassa tehdään siis koko ajan aistinvaraista tarkastelua. Aistinvarainen tarkastus onkin laajin osa-alue käyttöönottotarkastuksissa. (8, s. 12)

Yleispätevän tarkastuslistan laatiminen on vaikeaa, sillä aistinvaraisen tarkastuksen laajuuden määrittelee rakennettava sähkölaitteisto (8, s. 12). SFS-6000-6 standardin osassa 6 on määriteltä seuraavat asiat, joita aistinvaraisessa tarkastuksessa tulee tarkastella, mikäli sähkölaitteiston tyyppi näin edellyttää. Tarkastamisesta tehdään kirjaus käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan.

Sähköiskulta suojaamisessa tarkastetaan laitteiden koteloinnit, kaapeleiden eristykset yms. mitkä estävät jännitteisten osien koskettamisen perussuojauksen toteutumiseksi.

Lisäksi varmistetaan, että sähkölaitteistosta löytyy hyväksytty vikasuojaus, mikäli tällainen vaaditaan.

Palosuojauksesta tarkastetaan sähkölaitteiden sijoittelu valmistajien ohjeiden mukaisesti sekä käytettyjen materiaalien sopivuus asennuksiin. Tällä poistetaan liiallisen lämpenemisen vaara, joka voi tuhota laitteita tai aiheuttaa tulipalon. Myös paloläpivientien toteutus, lämmöltä suojattujen asennusten materiaalit sekä toteutus tulee tarkastaa.

Johtimien kuormituksesta varmistutaan noudattamalla sähkösuunnitelmien johdinkokoja ja suunnitelmissa olevia johtoreittejä. Johtimien liitokset ja näissä käytettyjen materiaalien sopivuus tulee tarkastaa. Lisäksi tulee varmistua suoja- ja potentiaalintasausjohtimien olemassaolosta sekä näiden riittävästä poikkipinnasta. Suurin suositeltu jännitteenalenema sähkölaitteiston liittymäkohdan ja sähkölaitteen välillä on valaistusryhmillä 3 % ja muilla ryhmillä 5 % sähkölaitteiston nimellisjännitteestä. Näihin tulee kiinnittää huomiota, mikäli johdinpituudet ovat suurempia kuin suunnitelmissa.

Käytetyt suoja-, erotus-, kytkentä ja valvontalaitteet tulee tarkastaa. Tällä varmistutaan keskuksissa olevien suoja- ja kytkentälaitteiden sopivuus. Sähkölaitteista ja koneista tulee löytyä tarvittavat erotus- ja kytkentälaitteet sekä kaikki tarvittavat merkinnät ja kilvet. Myös ylijännitesuojauksen toteutus tarkastetaan.

Kaikki tarvittavat johtimet, kaapelit, keskuksat ja sähkölaitteet tulee olla merkattu nimilapuilla tai tarvittavin kyltein, jotta nämä ovat tunnistettavia. Sähkölaitteistosta tulee löytyä lisäksi kaikki tarvittavat dokumentit, ja nämä tulee olla päivitetty ajan tasalle.

Sähkölaitteistot tulee sijoittaa niin, että käyttö- ja huoltotyöt pystytään suorittamaan normaalisti ja ulkoiset tekijät eivät vaikuta laitteen toimintaan. Ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi ympäristön lämpötila, vesi, likaantumista aiheuttavat aineet, värähtely, eläimet yms. Lisäksi aistinvaraisesti varmistutaan, että kytkentöjen yksinapaiset kytkinlaitteet asennetaan vaihejohtimiin. (7.)

3.2 Jännitteettömät mittaukset

Ennen kuin sähkölaitteistoon kytketään jännite, tulee tämän turvallisuudesta varmistua. Turvallisuudesta varmistutaan aistinvaraisella tarkastelulla sekä jännitteettömänä tehtävillä mittauksilla. Suojajohtimien jatkuvuusmittaus ja eristysresistanssimittaukset on suoritettava niin, että ne kattavat koko sähkölaitteiston, jota tarkastus koskee. Muita harvemmin vastaan tulevia jännitteettömänä tehtäviä mittauksia ovat SELV-, PELV -piirien erotusmittaukset, lattia- ja seinäpintojen resistanssimittaukset ja maadoituselektrodin resistanssin mittaus. (8, s. 20)

3.2.1 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus

Suojajohtimien jatkuvuusmittauksella tarkastellaan suojajohtimiksi luokiteltavien johtimien resistanssia. Mittauksella varmistetaan suojajohdinsiirien eheys ja se, että näiden liitokset on tehty oikein. Suojajohtimia ovat maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet ja potentiaalitasausjohtimet. Suojajohtimien jatkuvuus on todettava mitaamalla jännitteettömästä laitteistosta. Tämä on tehtävä laitekohtaisesti jokaisesta laitteesta. (5 s. 338.)

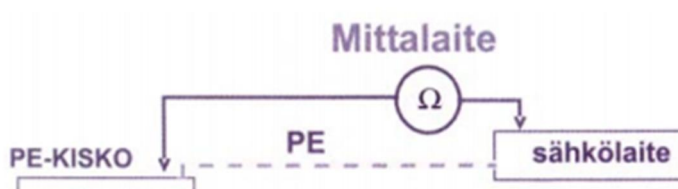
Hyväksytty mittaustulos on usein $0-2\ \Omega$ riippuen mitattavasta suojajohdinsiiristä. Saatua mittaustulosta tulee verrata johtimen arvioitavissa olevaan resistanssiarvoon. Suuruudeltaan yli $1\ \Omega$:n mittaustulokset. Myös muut poikkeamat mittauksissa on selvitettävä. Poikkeuksellisen pitkällä johdinspituuksilla hyväksytty arvo voi olla jopa yli $2\ \Omega$, mutta kuten taulukosta 1 voi todeta, ovat yli $1\ \Omega$:n mittauservot harvinaisia. (6, s. 18.)

Taulukko 1. Johtimien resistansseja (6).

Johdin- poikki- pinta-ala mm ²	Kuparijohdin		Alumiinijohdin	
	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω
1,5	0,0115	1,15	—	—
2,5	0,0069	0,69	—	—
4	0,0043	0,43	—	—
6	0,0029	0,29	—	—
10	0,0017	0,17	—	—
16	0,0011	0,11	0,0018	0,18
21	0,0008	0,08	—	—
25	0,0007	0,07	0,0011	0,11
35	0,0005	0,05	0,0008	0,08
41	0,0004	0,04	—	—
50	0,00035	0,035	0,0006	0,06
57	0,0003	0,03	—	—
70	0,00025	0,025	0,0004	0,04
95	—	—	0,0003	0,03
120	—	—	0,00024	0,024
150	—	—	0,00019	0,019
185	—	—	0,00015	0,015

Ennen jatkuvuusmittauksen aloittamista on varmistettava, että mitattava kohde on jännitteetön ja TN-S-järjestelmässä nolla-, ja suojamaadoitusjohtimien yhdistys irrotetaan mittausten ajaksi.

Käytettävästä mittalaitteesta riippuen mittajohtimien resistanssi täytyy kompensoida tai johtimien resistanssi on miinustettava mittaustuloksista. Käytettäviä apujohtimia on hyvä olla riittävä määrä, ja mikäli apujohtimia lisätään, on nämä syytä muistaa kompensoida. Mittalaitteen toinen johto kytketään PE-kiskoon ja toinen mittajohto sähkölaitteelle. Kuva 1 havainnollistaa mittaustilannetta.



Kuva 1. Jatkuvuuden mittaus (5).

Mittaustuloksista tulee kirjata suurin resistanssiarvo tarkastuspöytäkirjaan, mutta on hyvä sopia ennalta laitteiston haltijan kanssa myös muista dokumentointimenettelyistä.

KTMP 517/1996 4 § edellyttää, että tarvittaessa kaikki tulokset on annettava laitteiston haltijalle. (8, s. 22)

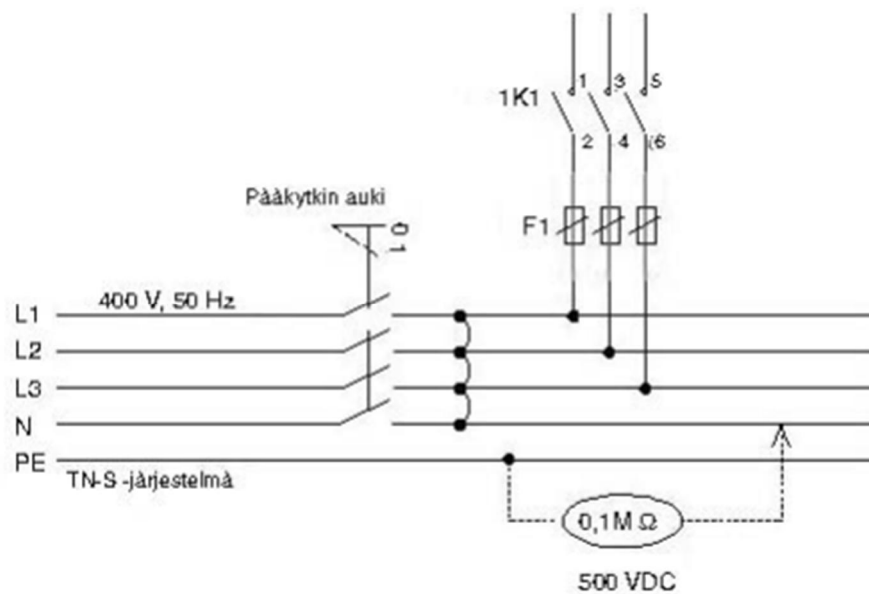
3.2.2 Eristysresistanssin mittaus

Eristysresistanssimittauksella mitataan jännitteisten osien ja maan välistä resistanssia. Mittauksella varmistetaan, että näiden välillä on riittävän suuri eristysresistanssi. Mittaukseen täytyy sisältyä kaikki sähkölaitteiston jännitteiset johtimet ja tieto siitä, että nämä ovat tarpeeksi erillään maasta. Eristysresistanssimittauksen pienimmät sallitut mitaustulokset on esitetty taulukossa 2. (5.)

Taulukko 2. Eristysresistanssimittauksen sallitut raja-arvot (7).

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	≥ 0,5
Enintään 500 V, edellä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	≥ 1,0
Yli 500 V	1 000	≥ 1,0

Ennen eristysresistanssin mittausta on sähkölaitteisto tehtävä jännitteettömäksi, ja TN-S-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtimien yhdistys on irrotettava mittausten ajaksi. Äärijohtimet sen sijaan voidaan kytkeä yhteen mittauksen ajaksi. On hyvä muistaa lisäksi, että TN-S-järjestelmässä luokitellaan nollajohdin myös äärijohtimeksi. Kaikkien käyttö- ja ohjauskytkimien sekä vikavirta- ja johdonsuojakatkaisijoiden on oltava kiinni asennossa. Myös tulppasulakkeet tulee asettaa paikoilleen ja kontaktorit sulkea, jotta eristysresistanssimittaus on mahdollisimman kattava. Jos relettä, kontaktoria ym. ei pystytä mekaanisesti sulkemaan, tulee laitteen jälkeinen asennus mitata erikseen. Kaikki mahdolliset laitteet, jotka voivat rikkoutua tai vaikuttaa mitaustuloksiin, on kytkettävä irti mittausten ajaksi. (6, s. 24) Kuva 2 havainnollistaa eristysresistanssin mittaustilannetta. D1-2012 ohjeistaa eristysresistanssin mittaamiseen keskuskohtaisesti ja tilanteessa, jossa mitattava keskusalue kokonaisuudessaan ei mene mittauksesta läpi, pienennetään mitattavaa piiriä, kunnes vika on paikallistettu ja mittaus pystytään suorittamaan koko sähkölaitteiston kattavasti. Pienin sallittu mittaustilanne on yksittäinen ryhmä (8 s. 28).

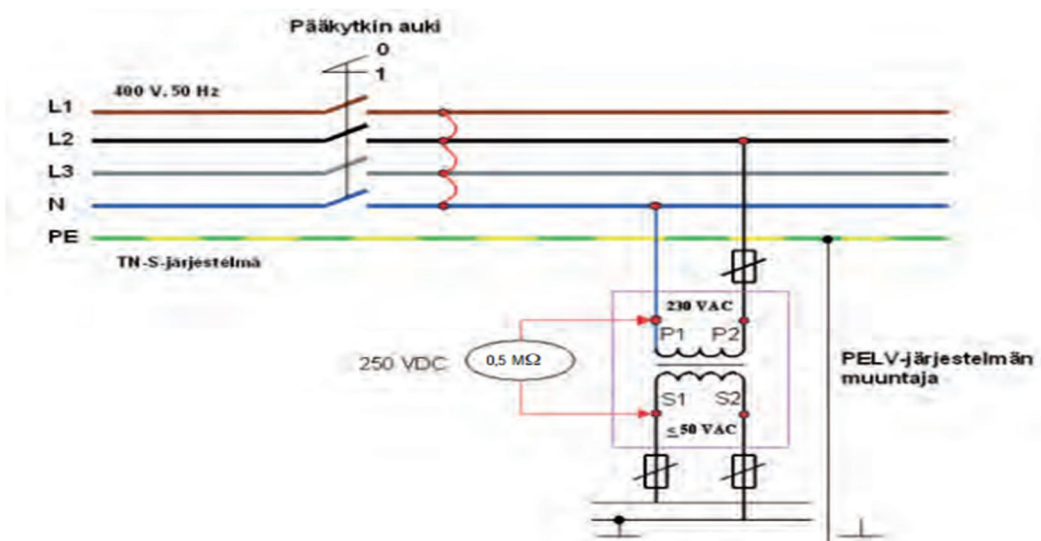


Kuva 2. Eristysresistanssimittauksen kytkentä (9).

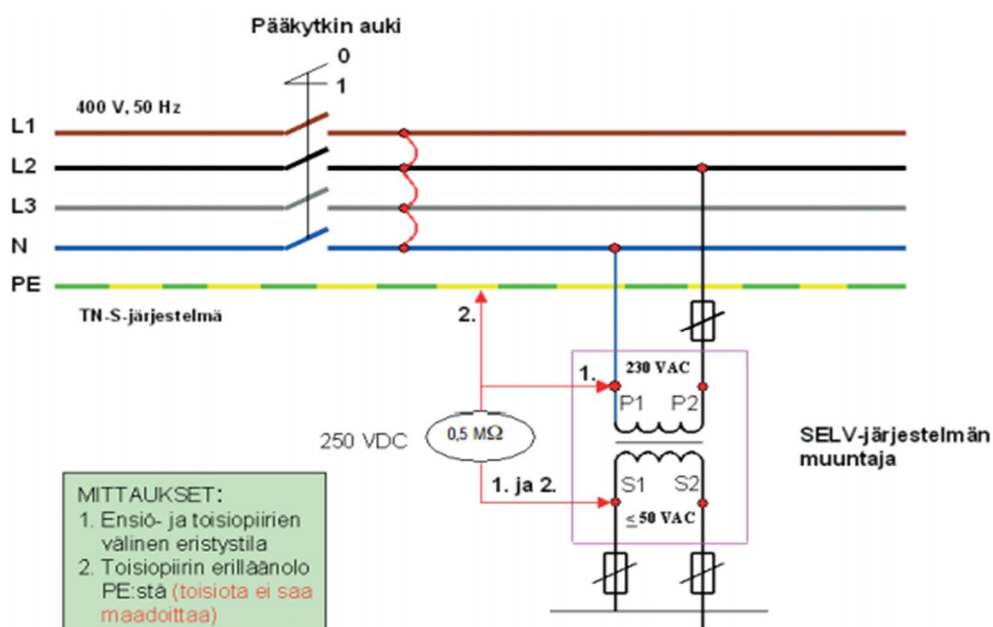
STUL ry (2008) suosittelee ennen mittauksia tehtäväksi tarkastaa mittalaitteen ja johtimien kunto oikosulkemalla mittajohdot ja suorittamalla näin yksi mittaus. Tämä tehdään sellaisen harhaanjohtavan tilanteen välttämiseksi, jossa mittajohdin sattuisi olemaan poikki.

3.2.3 SELV- ja PELV-järjestelmän mittaaminen

SELV- ja PELV -järjestelmässä suojauksena toimii pienoisjännite. Nimellisjännite on korkeintaan 50 V vaihtojännitettä tai 120 V tasajännitettä. SELV- ja PELV-järjestelmien eristysresistanssi on todettava mittaamalla ensiö- ja toisiopiirit. Näin varmistetaan suurempijännitteisten piirien erillään olo SELV- ja PELV-järjestelmistä. PELV-piirin eristysresistanssimittaukseen havainnollistaa kuva 2. Lisäksi SELV-järjestelmässä mitataan eristysresistanssi toisiopuolen ja maan välillä tätä mittaukseen havainnollistaa kuva 3. (5)



Kuva 2. Eristysresistanssin mittaus Pelv-järjestelmästä (6)



Kuva 3. Eristysresistanssin mittaus SELV-järjestelmästä (6).

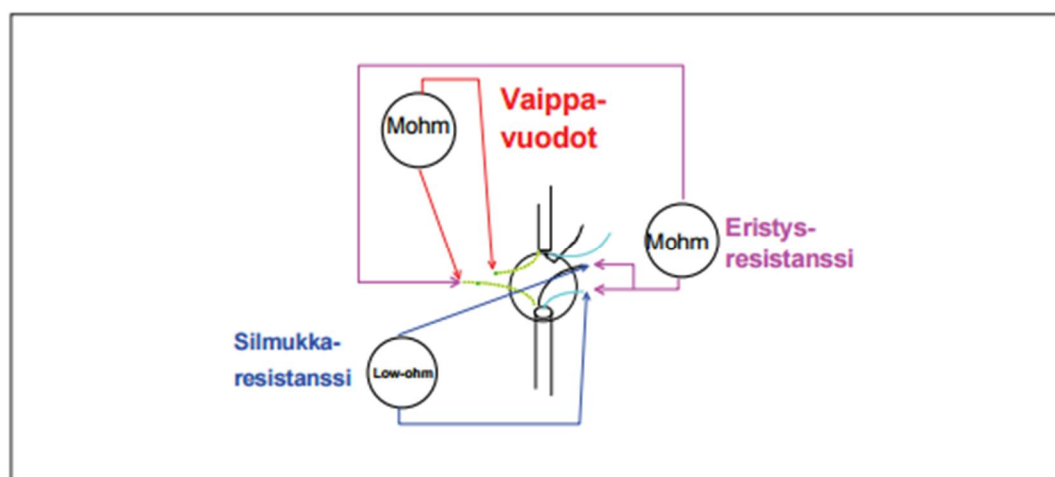
3.2.4 Suojaerotuksen mittaaminen

Suojaerotuksessa virtapiirit ovat galvaanisesti erotettu toisistaan, ja mittaamalla eristysresistanssi varmistetaan jännitteisten osien erotus muista virtapiireistä. Mittauksessa

tarkastellaan eristysresistanssia ensiö- ja toisiopuolien välillä ja lisäksi varmistetaan toisiopuolen erilläänolo suojamaadoituksesta. Mittausarvojen tulee olla eristysresistanssin mittauksen yhteydessä esitetyn taulukon 2 mukaisia.(8 s. 32)

3.2.5 Lämmityskaapeliin mittaaminen

Erilaisille lämmityskaapeleille ja lämmityskelmuille on tehtävä silmukkaresistanssi- ja eristysresistanssimittaukset. Silmukkaresistanssimittauksessa mitataan resistanssi vaihe- ja nollajohtimen väliltä ja verrataan tätä valmistajan ilmoittamaan arvoon. Eristysresistanssimittauksella varmistetaan äärijohtimien ja suojajohtimien erilläänolo, jota havainnollistetaan kuvassa 4. Mittaukset suositellaan tehtäväksi asennuksen jälkeen, mutta ennen kuin kaapelit peitetään valuun yms. (6, s. 29) Muiden sähkölaitteiden eristysresistanssimittauksissa raja-arvo on vähintään 0,5 M Ω , mikäli tälle ei ole omaa standardia.(5, s. 341)



Kuva 4. Lämmityskaapelin resistanssien mittaaminen (6).

3.3 Syötön automaattisen poiskytkennän tarkastus

Sähkölaitteiston perussuojaus ja vikasuojauksen toteutus, kun vikatilanteessa vaarallinen kosketusjännite kytketään pois riittävän nopeasti tai vikatilanteen kosketusjännite on rajoitettu vaarattomaan arvoon (5, s. 344).

Syötön automaattisesta poiskytkennästä täytyy varmistua mittauksin. Mittauksia ei tarvitse suorittaa, kun käytössä on laskelmat vikavirtapiirin impedanssista tai suojajohtimien resistanssista. Käytettyjen johtimien pituuksien ja poikkipintojen tulee tällöin vastata laskelmissa käytettyjä arvoja. Tällöin riittää jatkuvuuden mittaus suojajohtimista (SFS 6000-6). Kun syötön automaattinen poiskytkentä varmistetaan mittauksin, niin mitataan silmukkaimpedanssi äärijohtimen ja suojajohtimen väliltä, ja mittaus suoritetaan jännitteisessä sähkölaiteistossa. Mittausta ei tarvitse suorittaa kattavana, mutta joissain tilanteissa voidaan joutua tekemään mittaus epäedullisista kohdista jokaista sulakekokoja ja johdintyyppiä kohden, mikäli muuten ei voida todeta nopean poiskytkennän toteutumista. Epäedullinen piste on syöttävästä keskuksesta kaukana sijaitseva sähkölaite pienellä johtimen poikkipinnalla. Mittaustulosten perusteella arvioidaan, toteutuuko nopea poiskytkentä kaikissa sähkölaitteissa. (8, s. 34)

Asennustesterit mittaavat vikavirtapiirin impedanssiarvon ja nimellisjännitteen avulla testeri laskee automaattisesti vikatilanteen oikosulkuvirta-arvon. Mitattu oikosulkuvirran arvo täytyy olla 1,25-kertainen virta-arvo toimintarajavirraksi määritellystä arvosta. Suojalaitteiden toiminta-ajat ovat pääsääntöisesti 0,4 sekuntia. 5 sekunnin laukaisuaika on hyväksytty nousujohdoille ja yli 32 ampeerin ryhmäjohdoille. Johdonsuojakatkaisijoille vaaditut toiminta-arvot ovat samat 0,4 sekunnilla ja 5 sekunnilla, joten näiden tarkastamiseen toiminta-ajat eivät vaikuta. Johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat on esitetty taulukossa 3 ja Gg-sulakkeiden toimintavirrat esitetään taulukossa 4. (8, s. 35)

Taulukko 3. Johdonsuojakatkaisijoiden toiminta-arvot (6).

Nimellis- virta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Taulukko 4. Gg-sulakkeiden toiminta-arvot (6).

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

3.4 Vikavirtasuojan testaus

Standardi 6000-4-41 411.3.3 määrittelee, että vikavirtasuojia tulee käyttää suojaamaan maallikoiden käyttämiä pistorasioita, kun mitoitusvirta on korkeintaan 20 A ellei pistorasiaa ole tarkoitettu tietyille laitteille. Kaikki vikavirtasuojat testataan testipainikkeesta sekä mittaamalla. Mittauksen laajuus riippuu siitä, käytetäänkö vikavirtasuojaa lisäsuojana vai myös vikasuojana. Jos vikavirtasuojaa käytetään, lisäsuojana tulee toiminta testata testipainikkeesta sekä varmistaa toiminta mittauksin. Mittaamalla tarkastetaan, että vikavirtasuojat toimii nimellistoimintavirrallaan, eikä se saa toimia 0,5-kertaisella nimellistoimintavirralla. Vikavirtasuojan toimintavirta ja aika saadaan varmistettua ramppitestillä (8 s. 38). Jos vikavirtasuojat toimii myös vikasuojana, tulee mittaukseen sisältyä toiminta-ajan tarkastus. (6, s. 34)

3.5 Kiertosuunnan tarkastus

Kiertosuunnan tarkastuksessa tarkastetaan mittaamalla, että vaihejärjestys ja verkon kiertosuunta on oikea. Mittaus tehdään keskuskohtaisesti ja monivaiheisten piirien kier-

tosuunta tarkastetaan mittaamalla (5, s. 346). Myös 3-vaiheisten pistorasioiden vaihejärjestys tarkastetaan mittaamalla (6, s. 34).

3.6 Turva- ja poistumistievalaistuksen tarkastus

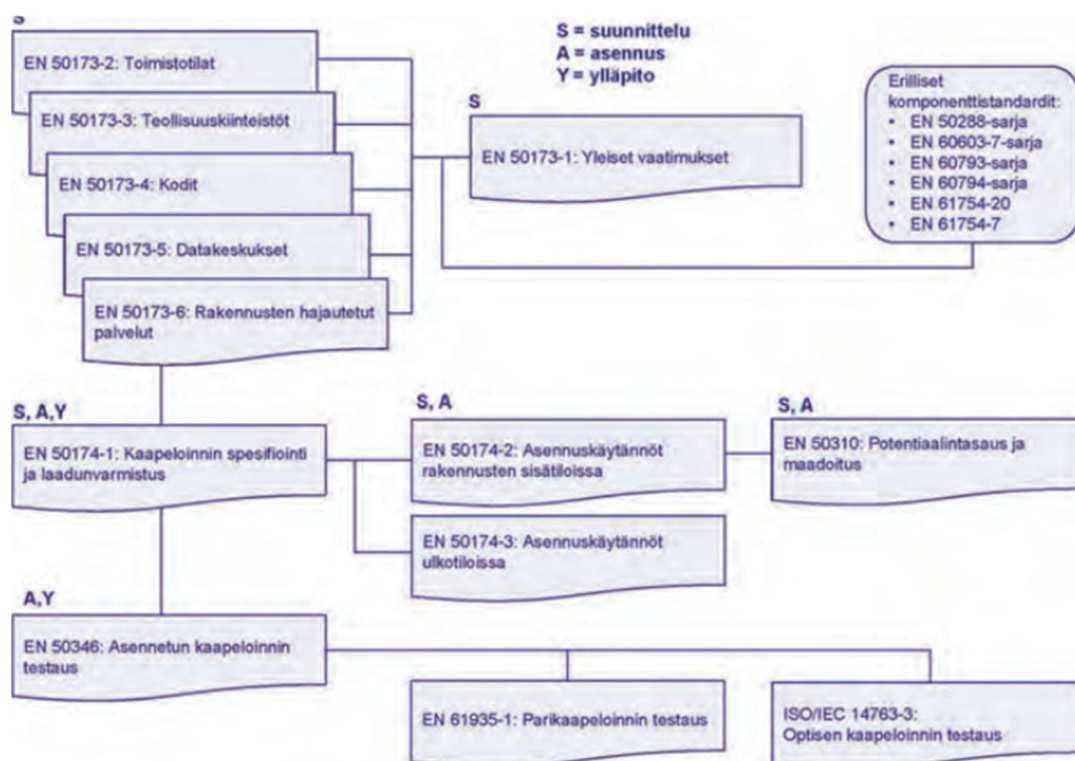
Urakoitsija on vastuussa asennustöistään, ja tästä johtuen myös turva- ja poistumistievalaistus on syytä tarkastaa. Mikäli turva- ja poistumistievalaistus järjestelmä on nimellisjännitteeltään yli 50 voltia vaihtojännitteellä tai 120 voltia tasajännitteellä kuuluvat asennukset tällöin käyttöönottotarkastuksiin (10).

Urakoitsijan on hyvä tehdä erillinen käyttöönottotarkastus turva- ja poistumistievalaistukselle ja tästä oma tarkastuspöytäkirja. Liitteessä 2 on esimerkkipohja turva- ja poistumistievalaistuksen tarkastuspöytäkirjasta. Turva- ja poistumistievalaistuksen käyttöönottotarkastuksessa tarkastettavia asioita voivat olla

- käyttöpiirustukset ja huolto-ohjeet
- laitteiston merkinnät
- akkujen toiminta lataus- ja verkkokatkotilanteessa
- valaisimien sijoittelu ja toimivuus
- vaaditun toiminta-ajan täyttyminen
- erilaisten hälytystoimintojen ja kauko-ohjauksen toiminta. (10)

3.7 Yleiskaapeloinnin mittaus ja tarkastus

Suomessa yleiskaapelointia koskevat vaatimukset määrittelee CENELEC-järjestön vaatimat eurooppalaiset EN-standardit. Kuvassa 1 on esitetty yleiskaapelointistandardit ja mitä toimialaa mikäkin standardi koskee (11 s. 13).



Kuva 5. Merkittävimmät yleiskaapeloinnin standardit (12).

Yleiskaapeloinnin mittausta ei vaadita standardien yleisissä vaatimuksissa (EN 50173-1). Standardi EN 50174-1 kuitenkin suosittelee siirtokyvyn testausta, joka on todiste verkon laadunmukaisuudesta.(11)

Yleiskaapeloinnin mittaukseen liittyy läheisesti laatusuunnitelma mm. rajatulosten ja hylättyjen tulosten käsittelyn osalta. Se tulee laatia ennen asennustöiden suorittamista ja sen tulee olla sähkölaitteiston omistajan tarkastama. Testaukseen liittyen laatusuunnitelmasta tulee löytyä vähintään seuraavat asiat:

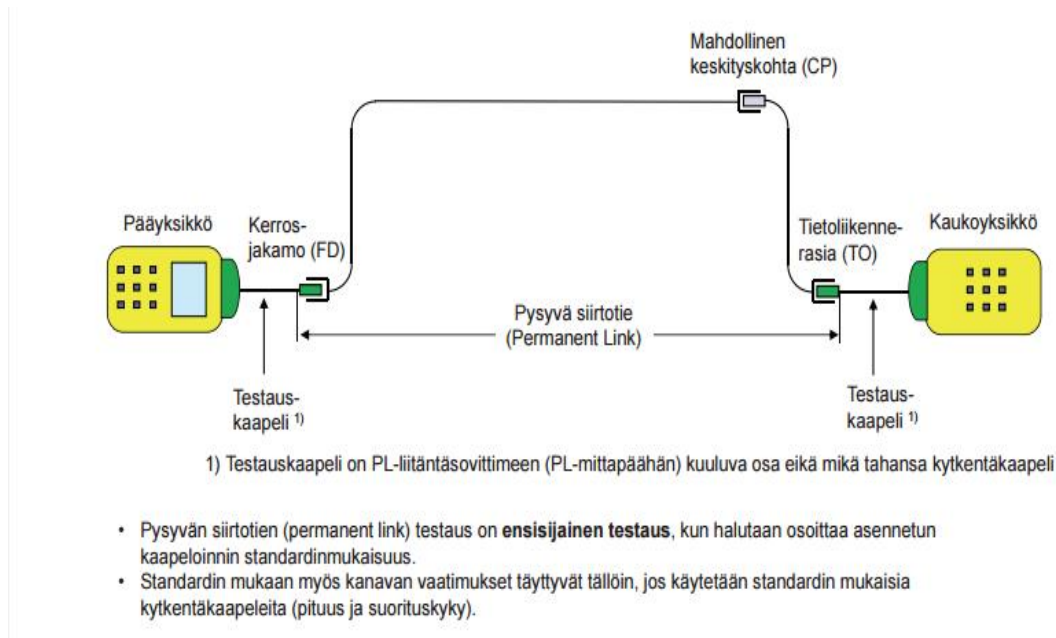
- asennetun kaapeloinnin hyväksyttämismenetelmä
- testauslaitteiden vaatimukset ja kalibrointi
- testattavat parametrit ja testausmenetelmät
- rajatulosten tai hylättyjen tulosten käsittely
- poikkeamat standardien tai ohjeiden vaatimuksista
- asennushenkilöstön pätevyys. (Standardi EN 50174-1)(11)

Yleiskaapelointi tarkastetaan kokoonpanon, rakenteen dokumentoinnin ja merkintöjen osalta. Kaapeloinnin suorituskyky tarkastetaan mittalaitteella. Mittalaitteen vaatimukset riippuvat testattavan yleiskaapeloinnin luokituksista, jotka esitetään taulukossa 4. (12, s. 80)

Taulukko 4. Testauslaitteen vaatimustasot (12)

Kaapeloinnin luokka	Ylärajataajuus	Kaapelin kategoria	Testauslaitteen taso
D	100MHz	5	IIE
E	250MHz	6	III
Ea	500MHz	6a	IIIE
F	600MHz	7	IV
Fa	1000MHz	7a	IV

Yleiskaapeloinnin ensisijainen testausmenetelmä on pysyvän siirtotien mittaus (permanent link). Mittauksessa mittalaitteen pääyksikkö kytketään mitattavan siirtotien RJ-45-liittimeen kerrosjakamolla. Mittalaitteen kaukoyksikkö kytketään mitattavan siirtotien työpisteen RJ-45 liittimelle. Testausmenetelmä on esitetty kuvassa 6.(12, s. 80)



Kuva 6. Pysyvän siirtotien mittaus (12).

4 Käyttöönottotarkastusten suunnittelusta

Käyttöönottotarkastuksen suunnittelun kesto voi vaihdella hetken mietintätyöstä aina pitkäkestoisempaan dokumentointityöhön riippuen tarkastettavasta kohteesta. Seuraavana on listattu asioita, joita olisi hyvä ottaa huomioon ennen mittaamista.

Käyttöönottotarkastukset ajoittuvat pääsääntöisesti työkohteen loppupuolelle. On hyvä varmistaa, että muut rakennustyöt eivät rajoita käyttöönottotarkastuksia ja asennustyöt ovat riittävän valmiita, jotta sähkölaitteistoon voidaan kytkeä jännitteet käyttöönottomittauksia varten. Näin vältetään myös turhilta työmaakäynneiltä. Lisäksi tulisi ottaa huomioon, että työmaalla saattaa samanaikaisesti olla myös muita tarkastuksia käynnissä. Onkin hyvä varmistaa, etteivät nämä häiritse sähkölaitteistojen käyttöönottotarkastusta.

Käyttöönottotarkastuksia suunnitellessa tulisi muistaa, että mittauksille kannattaa varata riittävästi aikaa, jotta asennusvirheet ja viat saadaan korjattua ajoissa. Mahdollinen vian etsintä voi viedä yllättävän paljon aikaa. Lisäksi mahdolliset mittauksissa löytyneet vaaraa aiheuttavat asennukset tulee korjata välittömästi, ja puutteet on kirjattava käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan ja omantyyntarkastuslistaan.

Jotta dokumentointi työkohteessa on järjestelmällistä, tulee miettiä, mitä mittauksia ja tarkastuksia kohteessa tehdään ja mitä tarkastuspöytäkirjoja laaditaan sekä mihin järjestelmään tai arkistoon dokumentointi talletetaan. Suuressa työkohteessa käyttöönottotarkastukset voivat sitoa useamman henkilön. On hyvä sopia, ketkä suorittavat mitäkin mittauksia. Jos käyttöönottomittauksia suorittaa työmaan ulkopuolinen henkilö, tulee varmistua, että häneltä löytyy riittävät tiedot kohteesta sekä tarvittavat piirustukset ja dokumentit.

Käytettävistä mittalaitteista on syytä varmistaa, että niihin löytyy tarvittaessa kaikki oheistarvikkeet ja ne on tarvittaessa kalibroitu. Käyttöönottotarkastusmittarin kalibrointia voi edellyttää yrityksen laatujärjestelmä tai tilaaja, mutta mittalaitteen kalibrointia ei edellytetä mittalaitteita koskevissa standardeissa SFS 6000 ja EN 61557. Lisäksi on otettava huomioon, että mittalaitteiden käyttäjien tulee hallita käytettävien mittalaitteiden käyttö. Mittalaitteisiin tallennettavista mittaustuloksista on syytä laatia yleinen ohje, jotta dokumentointi on järjestelmällistä, ja mittaustulokset osataan yhdistää mitattuihin sähkölaitteistoihin. (5 s. 330)

Seuraavassa kokoava muistilista tarkastussuunnitelmaa varten:

- Missä laajuudessa mittaukset suoritetaan ja miten ne kontrolloidaan.
- Milloin tarkastukset suoritetaan ja kenen toimesta.
- Miten mahdollinen tarvittava perehdytys suoritetaan.
- Tarvittavat dokumentointipohjat ja tallennusmenetelmät.
- Mittalaitteiden kunto ja saatavuus.
- Miten havaitut puutteet korjataan.
- Lisäksi tulee huolehtia, että tarkastuksen suorittajalla on tarvittavat piirustukset, kaaviot ja muut suunnitelmat kohteesta tarkastuksen suorittamiseksi. (5 s. 330)

5 Käyttöönottotarkastuksen suorittaminen käytännössä ensimmäisessä esimerkkikohteessa

Tässä opinnäytetyössä on kaksi erilaista esimerkkikohdetta, joista ensimmäinen on uudisrakennus, joka toimii pääasiallisesti kouluna tarjoten myös muita palveluja alueelle. Rakennuksesta löytyy koulu, päiväkotia, auditorio, kirjasto ja liikuntahalli. Rakennus koostuu yhdeksästä osasta ja palvelee noin tuhatta ihmistä. Pinta-alaltaan rakennus on 16 000 neliömetriä. Mitattavia sähkökeskuksia oli 48 kappaletta, ja tässä kohteessa suoritimme työnantajayritykseni toimesta vaadittavat käyttöönottotarkastukset mittauksineen.

5.1 Mittauksen suunnittelu

Tarkastussuunnitelman laatiminen alkoi perehtymällä työmaan aikatauluun. Koska tarkastettavia keskuksia oli 48 kappaletta, täytyi käyttöönottotarkastukset aloittaa hyvissä ajoin ennen kohteen lopullista luovutusta. Ensimmäiset keskusalueet mitattiin lähes kaksi kuukautta ennen kohteen lopullista luovutusta ja käyttöönottotarkastuksia toteutettiin työmaalla aina sitä mukaan, kun keskusalueet valmistuivat. Käytetyt mittausmenetelmät ja tavat käytiin läpi kohteen projektipäällikön kanssa työmaalla ennen käyttöönottotarkastusten aloittamista.

Tarvittavat dokumentit, kaaviot, kulkuluvat yms. perustiedot kohteesta olivat saatavilla aiempien tehtävien vuoksi. Tarvittavat työkalut, telineet, käyttöönottotarkastusmittari ja tähän oheistarvikkeet varattiin kohteeseen käyttöönottotarkastustöiden ajaksi. Tarkastettava kohde sisälsi myös korkeita tiloja, ja näiden tilojen tarkastus ajoitettiin niin, että saimme käyttöömmme saksinostimen työmaalta. Rakennuksen piha- ja ulkotyöt toteutettiin rakennuksen luovutuksen jälkeen, eivätkä nämä sisältyneet käyttöönottotarkastuksiin.

Tarkastettavasta keskusalueesta laadittiin käyttöönottotarkastuspöytäkirjan lisäksi puuteluettelo. Puuteluetteloon kirjattiin viat, mikäli näitä ei ollut mahdollista korjata välittömästi. Puuteluettelo luovutettiin sähköasentajille, jotka korjasivat puutteet. Tämän jälkeen suoritettiin jälkitarkastus. Mittaustulokset tallennettiin suoraan mittariin keskuskohtaisesti. Mittaukset, käyttöönottotarkastuspöytäkirjat ja puuteluettelo tallennettiin sekä sähköisesti että kirjallisesti.

5.2 Käytetyt välineet

5.2.1 Käyttöönottotarkastusmittarit

Kohteen käyttöönottotarkastusmittaukset suoritettiin pääosin Beha Euro Expert Plus 9020 -mittarilla. Joitain mittauksia suoritettiin myös Fluke 1653b -asennustesterillä, jota yrityksessä yleisemmin käytetään. Fluke 1653b -mittari on toiminnoiltaan helppokäyttöisempi, ja tästä syystä sähköasentajat yrityksessämme suosivat tätä. Beha Euro Expert Plus 9020 -mittarin etu taas on se, että mittaustulosten nimeäminen tallennusvaiheessa on helppokäyttöisempi, jonka vuoksi mittaria suositettiin kyseisessä kohteessa. Näin välttyttiin mittaustulosten turhalta käsin kirjaamiselta, jossa myös inhimillinen virhe on mahdollinen. Molemmissa mittareissa mittaustulokset pystytään tallentamaan mittariin ja valmistajan ohjelmalla nämä siirretään tietokoneelle. Molempien mittalaitteiden ominaisuuksia vertaillaan taulukossa 5.

Taulukko 5. Mittalaitteiden ominaisuudet.

Mittalaite	Fluke 1653b	Beha Euro Expert Plus 9020
Jatkuvuusmittaus	testivirta 200mA	testivirta 200mA
Eristysvastusmittaus	Testijännite 50/100/250/500/1000	Testijännite 250/500/1000
Jännitemittaus	Alue 500 VAC asti	Alue 15-499 VAC
Silmukkaimpedanssi	100-500 VAC	100-440 VAC
Oikosulkuvirta	X	X
Vikavirtasuojan testi	X	X
Laukaisuaika	X	X
Laukaisuvirta	X	X
Vaihejärjestys	X	X
Maadoitusresistanssi	X	X
Muistipaikkoja	500 kpl	800 kpl
Paristokäyttöinen	X	X

Käyttöönottotarkastuksen mittalaitteita koskeva standardi EN 61557 määrittelee mittalaitteiden turvallisuustason ja ominaisuudet, muttei aseta vaatimuksia kalibrointivälille. Kuitenkin työnantajayritykseni on määritellyt laatujärjestelmässään käyttöönottotarkastusmittareille 1 vuoden kalibrointivälin. Tätä noudatettiin myös näiden mittalaitteiden kohdalla.(13; 14.)

5.2.2 DTX-1800-kaapelitesteri yleiskaapeloinnin tarkastukseen

DTX-1800-kaapelitesteri on kierretyn parikaapelin ja kuitukaapelin testausta varten. Tähän mittariin löytyi mittapääät vain parikaapeloinnin mittausta varten. Optisen kaapeloinnin asennukset ja mittaukset suoritti aliurakoitsija. Mittarissa on sisäinen muisti ja siihen mahtuu 250 mittausta. Mittarin muistia pystyy tarvittaessa lisäämään asentamalla mittariin muistikortin. Mittaustuloksia voi tallentaa mittariin samanaikaisesti useammalta eri työmaalta. Mittaustulokset nimetään mittariin työmaan ja kaapelitunnuksen mukaan. Mittaustulokset tyhjennetään tietokoneelle Fluken omalla Linkware-ohjelmalla. Mittalaite on akkukäyttöinen, ja akun kesto on 12 tuntia.

Ennen parikaapelin testausta valitaan mittarista, onko parikaapelia suojattu, mikä on kaapeliryhmän tyyppi, mikä kaapelityyppi ja lopuksi valitaan testistandardi. Mikäli testistandardi ei sovi yhteen parikaapelikytkennän kanssa, mittalaite ilmoittaa tämän. (15.)

5.3 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus mielletään loppuvaiheen käyttöönottomittausten yhteyteen tehtäväksi tarkastukseksi, mutta todellisuudessa sitä suoritetaan koko työmaan ajan eri tavoin. Seuraavana on joitakin esimerkkejä siitä, millaisia esimerkkikohteen 1 rakentamisen aikana suoritettavat aistinvaraiset tarkastukset olivat:

- seinien ja kattorakenteiden putkituksen tarkastus silmämääräisesti
- johtoreittien luotettavan kiinnityksen toteaminen käsin
- asennusreittien silmämääräinen tarkastus, että nämä eivät sisällä teräviä osia tai kulmia, jotka voivat vaurioittaa johdotusta
- tarvittavien huoltoluukkujen löytyminen välitilojen asennuksiin
- alakaton yläpuolisten asennusten katselmointi
- kytkentävaiheessa tehtävä johtimien liitosten toteutuksen tarkastus käsin
- läpivientien toteutuksen tarkastus silmämääräisesti
- palonkestävien johtoreittien katselmointi
- kytkimien napaisuus.

Työmaan aikana suoritettujen aistinvaraisten tarkastusten lisäksi suoritettiin aistinvarainen tarkastus myös osana käyttöönottotarkastuksia. Tässä tarkastelussa tuli ilmi seuraavanlaisia puutteita:

1. Kohteen kaapelointi toteutettiin halogeenittomilla kaapeleilla ja joidenkin kaapelivalmistajien eriste vetäytyi huomattavan paljon kytkennän jälkeen verrattuna tavanomaiseen asennuskaapeliin, joten johtimien liitosten sopivuudesta kirjattiin huomautus puuteluetteloon.
2. Kohteesta puuttui vielä loppukuvat, kaapelimerkit olivat pääosin asentamatta ja keskuksiin lisätöinä tulleet ryhmät olivat merkitsemättä.
3. Joitain sähkölaitteita oli osassa keskusalueilla kytkemättä rakennusteknisistä syistä ja näistä kirjattiin maininta käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sekä puuteluetteloon sähköasentajille.
4. Kohteessa jäi talotekniikkaa myös paljon näkyviin, mikä korosti asennusten siisteyttä. Tämän vuoksi johtoreittien tasapainotukseen ja suoruuteen oli kiinnitettävä huomiota sekä kaikki nippusiteiden hännät tuli katkaista. Johtoreitteihin kiinnitetyt valaisimet paljastivat nopeasti, mikäli johtoreitti oli vinossa. Valtaosa johtoreiteistä saatiin tasapainotettua heti paikanpäällä ja vain harvoissa tapauksissa täytyi kannakointia muuttaa.
5. Valtaosalle keskuksista oli loppusiivous suorittamatta, joka tehtiin käyttöönottotarkastusten yhteydessä.

5.4 Eristysvastusmittaus

Vaikka suojajohtimien jatkuvuusmittaus on mainittu tehtäväksi ennen eristysresistanssimittauksia, standardien mukaan on kuitenkin myös mahdollista suorittaa näistä kahdesta jännitteettömästä mittauksesta eristysresistanssin tarkastus ensin. (6, s. 22) Kohteessa toimittiin juuri edellä mainitulla tavalla.

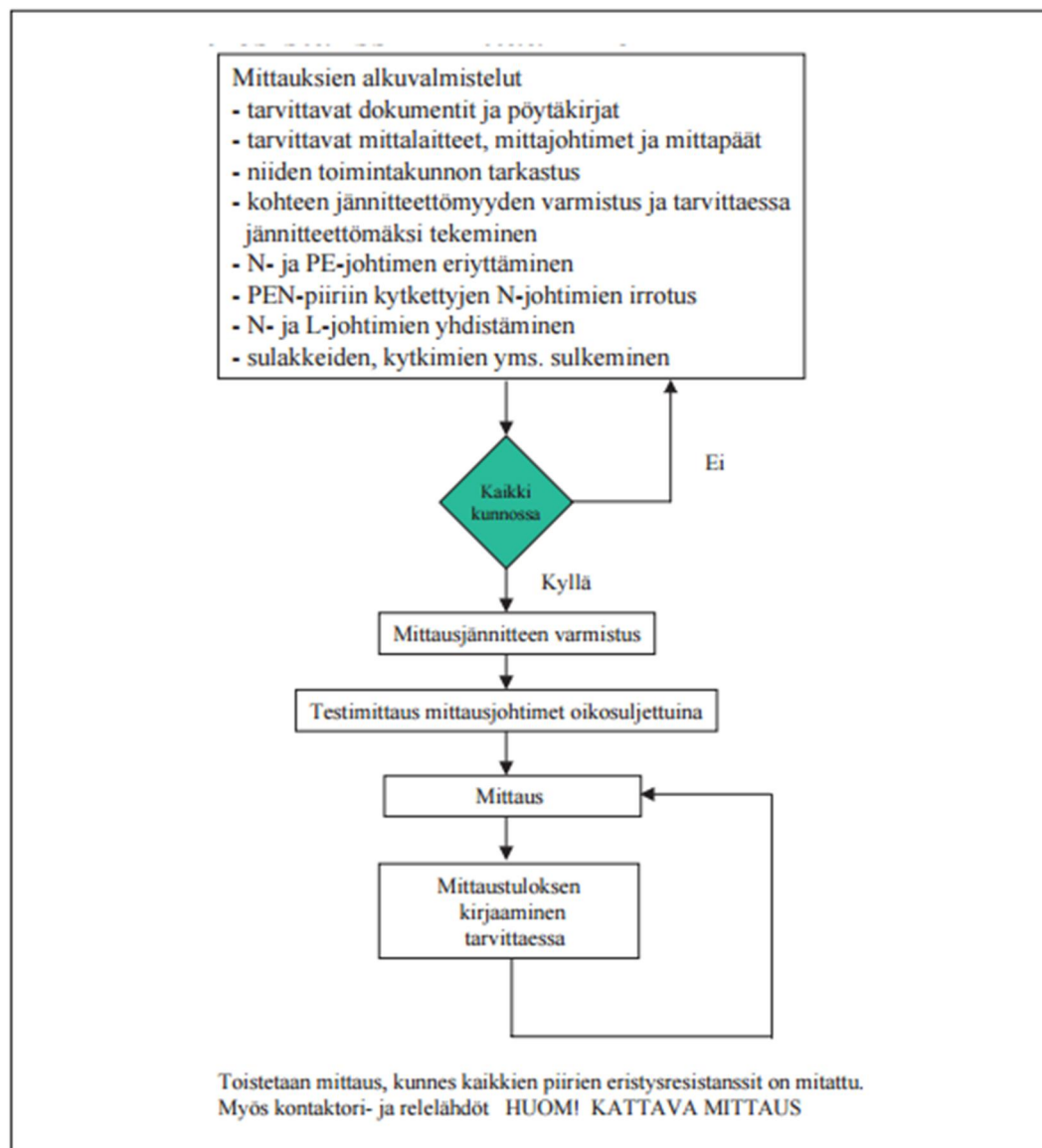
Ennen eristysvastusmittauksia tuli käydä merkitsemässä tarkastettavan keskuksen syöttävä nousukeskus varoituskilvellä, josta kävi ilmi, että tarkastustyö käynnissä, jännitteiden kytkeminen kielletty sekä tarkastajan yhteystiedot. Tarkastettavan keskuksen jännitteettömyys varmistettiin mittaamalla. Keskusta syöttävän kaapelin N-johdin irrotettiin mittausten ajaksi ja äärijohtimet keskuksessa yhdistettiin.

Keskukset sisälsivät ylijännitesuojia, jotka oli irrotettava eristysvastusmittauksen ajaksi. Keskuksissa oli myös sähköenergian mittausrakenteita, mutta näille ei tarvinnut suorittaa toimenpiteitä, sillä PE- ja äärijohtinyhdistyksiä ei ollut näissä mittalaitteissa. Keskuksien johdonsuojakatkaisijat ja vikavirtasuojat nostettiin kiinni asentoon, jotta mittaukset pystyttiin suorittamaan kattavasti.

Kun alkuvalmistelut oli suoritettu, valittiin käyttöönottotarkastustesterin kiertokytkimestä eristysvastusmittaus Rins. Ennen ensimmäistäkään mittauksia suoritettiin yksi mittaus mittapäät oikosuljettuna, jotta varmistuttiin, että mittajohdot ovat ehjät eivätkä anna ylimääräistä vastusta mittaustilanteessa. Testijännite eristysresistanssimittauksessa on 500 V.

Mittajohdot kytkettiin äärijohtimiin nollajohdin mukaan lukien ja mittajohdon toinen pää potentiaalintasauskiskoon. Mittalaitteet suoritti mittauksen START-painikkeesta. Keskukset sisälsivät kontaktoreita, joten keskusta kohden täytyi suorittaa aina useampi mittaus kontaktorien koskettimet alas painettuna. Näin mittaukset suoritettiin koko asennuksen kattavasti.

Kohteessa tuli vastaan muutama mittaustilanne, jossa eristysresistanssimittaus ei saavuttanut hyväksyttyä arvoa. Aluksi tarkastettiin, sisälsikö keskus laitteita, jotka olisivat mahdollisesti yhdistäneet PE- ja äärijohtimet. Mikäli tällaisia laitteita ei löytynyt, aloitettiin mitattavaa aluetta pienentämään laittamalla johdonsuojakatkaisijoita kiinni asentoon. Mikäli tämä ei riittänyt, täytyi myös nollajohtimia irrottaa N-kiskosta. Vikatilanteet olivat pääasiassa keskeneräisten ryhmien aiheuttamia, jossa johtimet koskettivat toisiinsa esimerkiksi kojerasiassa. Sähköasennukset olivat toteutettu kuitenkin pääsääntöisesti hyvin, koska eristysresistanssi mittauksissa löytyi vain muutama virhekytkentä. Kun viat oli paikallistettu, täytyi suorittaa eristysresistanssimittaus koko keskuksen kattavasti. Kuvassa 7 käydään läpi eristysresistanssimittauksen vaiheet.



Kuva 7. Eristysresistanssimittauksen toteutus (6).

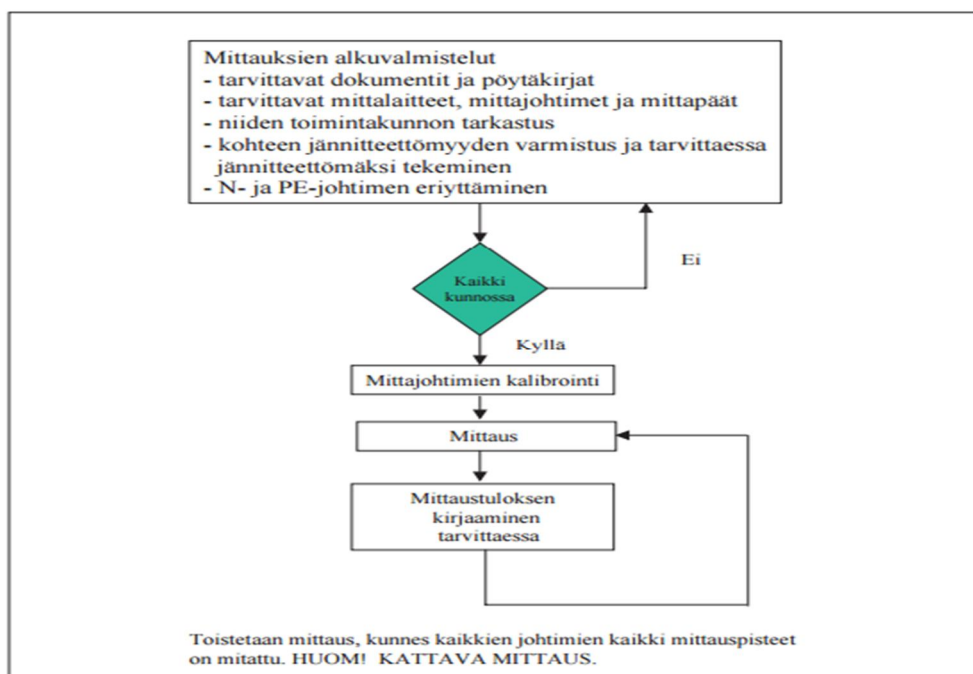
5.5 Jatkuvuusmittaus

Jatkuvuusmittaus tehtiin eristysresistanssimittauksen jälkeen jännitteettömänä. Mittauksessa varmistettiin, että suojajohdinsiirrit ovat jatkuvia, jonka jälkeen mittaus suoritettiin sähkölaiteista, johtoreiteistä, IV-kanavista, johtavista putkista sekä muista mahdollisista johtavista osista.

Mittauksen ajan eristysresistanssimittauksen aikana syöttöjohdin pidettiin irrotettuna jatkuvuusmittauksen ajan, jotta nousukeskuksella oleva PEN -yhdistys ei vaikuttanut mittauksiin.

Koska mitattava keskusalue oli laaja ja koostui useista huoneista, täytyi mittauksen aikana käyttää apujohtoa. Mittalaitteen kiertokytkimestä valittiin LOW Ω -mittaus eli jatkuvuusmittaus. Ensimmäinen mittaus suoritettiin kytkemällä mitta- ja apujohtimet yhteen ja kompensoimalla mittarilla johtimien resistanssi pois mittaustuloksesta.

Tämän jälkeen suoritettiin jatkuvuusmittaus kattavana, eli kaikki sähkölaitteet ja johtavat osat tarkastettiin mittaamalla. Mittalaitteen toinen mittapää kytkettiin keskusalueen PE-kiskoon ja toinen mittapää tarkasteltavaan sähkölaitteeseen. Mittauksessa apuna oli sähköasentaja, jotta mittaukset sujuvat nopeammin. Mittaustuloksista dokumentoitiin aina huonoin mittaussarvo keskuskohtaisesti. Mikäli resistanssiarvo ylitti 1 Ω , tuli aloittaa vian etsintä ja suorittaa mittaus korjauksen jälkeen niin, että saadaan hyväksytty tulos. Kun keskusalue oli mitattu, kirjattiin korkein resistanssiarvo käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan. Kuvassa 8 käydään läpi jatkuvuusmittauksen vaiheet.



Kuva 8. Jatkuvuusmittauksen toteutus (6).

Jatkuvuusmittauksissa ei juuri esiintynyt ongelmia. Välillä sähkölaitteissa olevat maali-pinnat estivät jatkuvuusmittauksen suorittamista suoraan laitteen rungosta. Kahdella keskusalueella tuli vastaan pistorasia, jonka jatkuvuusmittaus ei mennyt läpi. Näissä pistorasioissa suoja- ja nollajohdin olivat vaihtaneet paikkaa, ja vika korjattiin välittömästi paikan päällä. Tälle ryhmälle tuli myös tehdä eristysresistanssimittaus uudelleen, kun virhekytkentä oli muutettu.

5.6 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattisen poiskytkennän mittaus suoritettiin kohteessa kattavammin kuin standardi 6000-6 vaatii, kohteen sähköpuolen projektipäällikön pyynnöstä. Syötön automaattinen poiskytkentä varmistettiin jokaisesta pistorasiaryhmästä, ja kun kyseessä ei ollut pistorasiaryhmä keskusalueen epäedullisimmasta kohdasta. Oikosulkuvirta-arvo mitattiin myös keskusalueiden keskuksesta vaihekohtaisesti.

Kun syöttävältä nousukeskukselta oli poistettu merkintäkilvet ja keskusalueella kytketty jännitteet, aloitettiin mittaukset. Aluksi suoritettiin oikosulkuvirtamittauksen sähkökeskuksesta. Mittaus suoritettiin vaihekohtaisesti ja mittaustulos tallennettiin jokaiselta vaiheelta mittalaitteeseen. Tämän jälkeen mittalaitteeseen vaihdettiin pistorasiaan sopiva mittajohto ja oikosulkuvirran mittaus suoritettiin jokaisen ryhmän kauimmaisesta pistorasiasta.

Kohteen sähköasennukset oli toteutettu suunnitelmien mukaisesti ja mittauksissa tuli vain yksi vikatilanne, jossa mittarin antama oikosulkuvirran arvo ei täyttänyt vaatimuksia. Tämä vika korjattiin vaihtamalla C-käyrän johdonsuojakatkaisijan tilalle B-käyrän katkaisija, jolloin oikosulkuvirran vaatimukset täyttyivät.

5.7 Vikavirtasuojien toiminnan testaus

Jokainen vikavirtasuoja kohteessa oli testattava. Vikavirtasuojien toiminnan testaus alkoi testipainikkeen toiminnan tarkastuksella. Tämän jälkeen vikavirtasuojien toiminta varmistettiin mittaamalla nousevalla vikavirralla. Kaikki pistorasiat oli varustettu vikavirtasuojilla, lukuun ottamatta kiinteille sähkölaitteille tarkoitettuja pistorasioita. Mittauksissa apuna oli sähköasentaja, joka nosti aina vikavirtasuojakytkimen ylös, kun tämä oli

tarkastettu mittaamalla. Myös vikavirtasuojien nimellistoimintavirta ja laukaisuaika mitattiin.

Tehdasvalmisteisia vikoja vikavirtasuojissa oli 2 kappaletta. Lisäksi kolmessa vikavirtasuojassa kytkimen muovi oli niin haurasta, että kytkimen vipua nostaessa vipu lohkesi. Muutoin vikavirtasuojat läpäisivät tarkastukset moitteetta.

5.8 Toimintakokeet ja tarkastukset

Kiertosuunta todettiin mittaamalla kaikista 3-vaiheisista pistorasioista ja sähkökeskuksesta käyttöönottotarkastuksen yhteydessä. Kiertosuunnan mittaustulokset dokumentointiin ryhmäkohtaisesti keskusalueittain käyttöönottotarkastuspöytäkirjan liitteeksi. Sähköasentajat tarkastivat moottoreiden toiminnan sekä mittasivat moottoreiden virta-arvot. Moottoreiden pyörimissuunta tarkastettiin silmämääräisesti ja moottorien virtamittauksella varmistuttiin, etteivät ne ylittäneet annettua nimellisvirta-arvoa. Näiden mitattujen arvojen pohjalta myös moottoreiden lämpöreleet aseteltiin sopivaksi. Liitteenä 3 on lämpöreleiden asettelun tarkastuspöytäkirjamalli.

Lämmityskaapeleita tuli kohteessa vesikouruihin ja putkiin. Lämmityskaapeleiden mittaukset ja tarkastukset oli toteutettu ennen käyttöönottotarkastuksia sähköasentajien toimesta ja tästä laaditut mittauspöytäkirjat lisättiin liitteeksi käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan. Liitteenä 4 on lämmityskaapeleiden tarkastuspöytäkirjan malli.

Toimintakokeet suoritettiin kaikille asennetuille sähkölaitteille ja niistä laadittiin tarkastuspöytäkirjat. Turva- ja poistumistievalaistuksen tarkastuspöytäkirjamalli liitteessä 2. Tarkastuspöytäkirja laadittiin seuraavista järjestelmistä:

- turva- ja poistumistievalaistus
- opettajakutsujärjestelmä
- sisäänpyyntökojeet
- invavessan hälytyskojeet
- välitunti- ja aikakellojärjestelmä.

5.9 Yleiskaapeloinnin mittaukset

Yleiskaapeloinnin pysyvän siirtotien mittauksia suoritettiin kohteessa kaikkiaan yli 2000 kappaletta. Suuren pistemäärän takia yleiskaapeloinnin mittaukset suoritettiin käyttöönottotarkastuksista erillään, ja tämän tekivät sähköasentajat. Suuren pistemäärän mukana tuli myös joitain hylättyjä mittaustuloksia. Yleisiä mittaustuloksen hylkäämispe-
rusteita olivat virhekytkentä liittimellä ja puutteellisesti liittimen hahloon asennettu joh-
din. Tällaiset puutteet pystyttiin korjaamaan välittömästi ja suorittamaan uusi tarkas-
tusmittaus. Mittauksessa käytettiin Fluken DTX-1800 -mittalaitetta ja mittaustulokset
tallennettiin sähköisesti tietokoneelle Fluken Linkware ohjelman avulla. Liitteessä 5 on
yleiskaapeloinnin mittausraportin malli.

6 Käyttöönottotarkastukset esimerkkikohteessa 2

Vaikka Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 5 luku 19 § vaatii, että sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta, voidaan käyttöönottotarkastus myös ostaa alihankintana toiselta yritykseltä. Sähkölaitteiston rakentaja on kuitenkin vastuussa laitteiston määräystenmukaisuudesta, ja käyttöönottotarkastuksen suorittajan vastuu rajoittuu paikkansa pitäviin mittauspöytäkirjatietoihin. Lisäksi sähkölaitteiston rakentaja tulee allekirjoittaa käyttöönottotarkastuspöytäkirja, vaikka työ alihankintana muualta ostettaisiinkin.(8.)

Toisena esimerkkikohteena toimii 7-kerroksisen toimistotalon saneeraus. Rakennuksen saneeraus toteutettiin 4 osassa niin, että tilaajan käytössä oli koko työmaan ajan valtaosa rakennuksesta. Kun kyseessä on saneerauskohde, ei vikasuojaukselle ole samoja vaatimuksia kuin uudiskohteessa. Tässä kohteessa osa vanhoista jakokeskuksista jäi käyttöön, eikä näihin keskuksiin vaadittu lisäsuojauksia standardin SFS 6000-8-802 mukaan. Tämä tarkoittaa, että sisätiloihin asennettaviin pistorasioihin ei kaikissa tapauksissa lisätty vikavirtasuojauksia, sillä nämä katsottiin yksittäisiksi lisäyksiksi, kun nämä toteutettiin vanhaan jakokeskukseen.(15.)

Työmaalla suoritettiin aistivaraista tarkastusta normaalisti koko kohteen rakentamisen ajan, jonka lisäksi aliurakoitsija suoritti käyttöönottomittaukset 4 osassa työmaan aikataulun mukaan. Kun käyttöönottomittaukset oli suoritettu ja mittauksien tulokset todettiin määräystenmukaisiksi, suoritettiin kohteelle käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastuksesta laadittiin normaalisti tarkastuspöytäkirja ja puutelista keskeneräisistä töistä.

Käyttöönottomittausten teettämisessä aliurakoitsijalla kohteen loppuvaiheessa on se etu, että käyttöönottomittauksiin ei tarvitse sitoa sähköasentajia ja nämä pystyvät toteuttamaan muita töitä mahdollisen loppukiireen aikana. Käyttöönottomittausten tilaamiseen ulkopuoliselta taholta liittyy kuitenkin myös riskejä. Kyseisen kohteen kohdalla nämä erityisesti vastuullisuuskysymyksiä koskevat riskit nousivatkin selkeästi esiin. Sähkölaitteiston rakentajan käydessä läpi mittauspöytäkirjoja niistä löytyi vaatimusten vastainen mittausarvo. Eräällä keskusalueella oli kytkentävirhe valaisimessa, jonka johdosta mitattavan keskuksen eristysresistanssiarvo ei ollut vaatimusten mukainen. Valaisimessa N- ja PE-johtimet oli kytketty ristiin. Tämä seikka paljastaa, että jatkuvuusmittausta ei toteutettu kattavasti, sillä jatkuvuusmittauksen yhteydessä olisi tullut

todeta, ettei valaisimen PE-johdin ole kytketty oikein. Mittauspöytäkirjaan jatkuvuusmittaus oli kuitenkin merkattu suoritetuksi ja noudatetuksi standardiksi SFS 6000-6-61, joka edellyttää jatkuvuusmittausten toteuttamista laitekohtaisesti (7).

Käyttöönottomittausten tekijä ei maininnut edellä mainituista puutteista ilmoittaessaan käyttöönottomittausten valmistumisesta ja toimittaessaan mittauspöytäkirjat. Näin ollen mikäli sähkölaitteiston rakentaja ei olisi käynyt yksityiskohtaisesti läpi mittauspöytäkirjoja, olisi vaarana ollut, että riittämätön eristysresistanssiarvo ja muut puutteet olisivat tulleet ilmi vasta sähkölaitteiston varmennustarkastuksessa, jos sielläkään. Tässä tapauksessa ilmitulleet puutteet keskusalueessa eivät olleet merkittäviä, mutta tapaus tuo kuitenkin esiin, että käyttöönottomittausten tilaajan on oltava tarkkana toimitettujen mittausten tuloksista, sillä vastuu on loppukädessä sähkölaitteiston rakentajalla.

7 Loppupäätelmät

Tässä insinööriyössä tarkasteltiin sähkötöiden käyttöönottotarkastuksia niin teorian kuin käytännön kautta. Työssä käytiin läpi käyttöönottotarkastusten kannalta keskeisiä standardeja ja lakeja sekä syvennyttiin käytäntöön kahden erilaisen esimerkkitapauksen kautta. Työssä pyrittiin kiinnittämään huomiota tärkeisiin seikkoihin, jotka on hyvä ottaa huomioon käyttöönottotarkastusten suunnittelussa ja toteutuksessa.

Työssä esiin nousseita seikkoja, joihin olisi hyvä kiinnittää huomiota käyttöönottotarkastuksissa, oli useita. Näistä eräs keskeisimmistä oli jo suunnitteluvaiheessa tärkeäksi nouseva tarkastusten aikataulutus. Kuten esimerkkitapahtuman 1 kohdalla, isoissa kohteissa käyttöönottotarkastukset tulee ajoittaa aloitettavaksi riittävän ajoissa, jo paljon ennen kohteen luovutusta. Lisäksi jos erityisesti aistinvaraisia tarkastuksia suoritetaan huolellisesti jo asennustöiden aikana, vähentää tämä mahdollista kiirettä työmaataikataulun lopusta. Kahden kohteen tarkastelun kautta nousivat myös esiin erot vaatimuksissa erilaisten kohteiden välillä. Kuten työssä esitettiin, olivat vaatimukset esimerkiksi lisäsuojaukselle standardin SFS 6000-8-802 osalta löyhemmät saneerauskohteissa kuin uudiskohteissa.

Eräs toinen merkittävä seikka, joka nousi selvästi esille kahden eritavalla käyttöönottotarkastetun kohteen tarkastelussa, oli käyttöönottotarkastusten vastuukysymykset. Kun käyttöönottomittaukset tilataan aliurakoitsijalta, ei tällä ole muuta vastuuta mittauksista kuin oikeiden mittaustulosten ilmoittaminen sähkölaitteiston rakentajalle. Tästä syystä on hyvä harkita tarkkaan, teettääkö mittaukset aliurakoitsijalla vai olisiko itsellä riittävästi työvoimaa suorittamaan käyttöönottotarkastukset. Mikäli käyttöönottotarkastukset päädytään teettämään aliurakoitsijalla, olisi hyvä sopia ennalta, kenelle ilmoitetaan löydetty viat ja puutteet, jotta nämä tulevat korjatuksi. Esimerkkikohta 2 on hyvä esimerkki, kuinka sähkölaitteiston rakentajan tulee huolellisesti käydä läpi toisen suorittamat käyttöönottomittaukset, jotta varmistutaan, että mitatut tulokset ovat vaatimusten mukaisia.

Käytännön kannalta työ tarjoaa käyttöönottotarkastusten kannalta keskeisiä huomioon otettavia seikkoja sekä haastaa pohtimaan käyttöönottomittausten ostamisen kannattavuutta. Näiden esimerkkitapahtumien perusteella vaikutti siltä, että käyttöönottomittaukset olisi parempi suorittaa yrityksen sisällä, mikäli aikataulu sallii. Tämä takaisi mittaaajan

paremman tietämyksen kohteesta ja ajan kanssa mahdollistaisi rutiininomaisen otteen käyttöönottomittauksiin yrityksen sisällä.

Lähteet

- 1 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 517/1996.
- 2 Tulonen, Pulkkinen, Nousiainen. 2006. Verkkodokumentti. Sähköalan ammattilaisten sähkötapaturmien ennaltaehkäisy. TUKES. Luettu 30.3.2016.
http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/6_2006.pdf
- 3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516.
- 4 SFS 6002 Liite X. Henkilöstöä ja sähkötöiden turvallisuuden organisointia koskevat vaatimukset. 2012. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto.
- 5 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. D1-2012. 2012. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 6 Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. 2012. ST-käsikirja 33. Verkkodokumentti. Sähkötieto ry. Luettu 31.1.2016.
<https://severi.sahkoinfo.fi/item/235?search=st+k%C3%A4sikirja+33>
- 7 SFS 6000-6, osa 6. Tarkastukset. 2012. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto
- 8 Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset. 2008. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 9 Käyttöönottotarkastukset. 2012. Verkkodokumentti. Verkstourakoitsijakansio, Sähköinfo Oy. Luettu 10.4.2016.
<https://severi.sahkoinfo.fi/item/2254?search=verkstourakoitsijakansio+12>.
- 10 Turvavalaistus ja poistumisopasteet. 2014. Verkkodokumentti. Asennus ja käyttöönotto. ST 59.11 Sähkötieto ry. Luettu 3.4.2016
<https://severi.sahkoinfo.fi/item/2164?search=st+59.11>
- 11 ST käsikirja 16. Yleiskaapelointijärjestelmät. 2014. Verkkodokumentti. Sähkötieto ry. Luettu 17.4.2016.
<https://severi.sahkoinfo.fi/item/241?search=st+k%C3%A4sikirja+33>
- 12 Pekka Koivisto. 2007. Eurooppalainen yleiskaapelointi. Suunnittelu, asennus ja ylläpito. Helsinki: Teletekno.

- 13 Beha Unitest Euro Expert plus käyttöohje. Verkkodokumentti. Luettu 5.4.2016.
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0d93/0900766b80d93333.pdf>
- 14 Fluke 1650b tekniset tiedot. Verkkodokumentti. Luettu 25.3.2016.
<http://www.fluke.com/fluke/fifi/asennustesterit/fluke-1650b-series.htm?pid=56025>
- 15 Fluke DTX-1800 pikaopas. Harrico PTE Oy 2013.
- 16 SFS-KÄSIKIRJA 600-1, SFS 6000-8-802.Täydentävät vaatimukset. Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt. 2012. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto.
- 17 Sähköturvallisuuslaki 410/1996.

Liite 1. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja



ST 51.21.05

1 (4)

Pöytäkirjan nro _____

KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Käyttöönottotarkastuksen osatarkastus <input type="checkbox"/>			
Käyttöönottotarkastus <input type="checkbox"/>			
Muu <input type="checkbox"/>			
PERUSTIEDOT			
Sähkölaitteiston rakentaja	Yritys		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Sähkölaitteiston rakentajan yhteyshenkilö	Nimi		Puhelinnumero
	Sähköpostiosoite		
Sähkötöiden johtaja	Nimi		Puhelinnumero
	Sähköpostiosoite		
Kohteen tiedot	Työnumero		Nimi
	Kohteen yksilöinti		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Tilaava yritys	Nimi		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Tilaajan yhteyshenkilö	Nimi		Puhelinnumero
	Sähköpostiosoite		
1. AISTINVARAINEN TARKASTUS			
Koko kohde <input type="checkbox"/> Vain kyseinen keskusalue <input type="checkbox"/>			
a)	Sähkösäältä suojaus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
b)	Palosuojaus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
c)	Johtimien valinta	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		

d)	Suoja-, käyttö- ja valvontalaitteet	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!						
e)	Erotus- ja kytkentälaitteet	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!						
f)	Sähkölaitteiden suojausmenetelmät	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!						
g)	Nolla- ja suojajohtimien tunnuks	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!						
h)	Yksivaiheiset kytkinlaitteet	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!						
i)	Dokumentit, varoituskilvet yms.	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!						
j)	Tunnistettavuus	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!						
k)	Johtimien liittosten sopivuus	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!						
l)	Suojajohtimien olemassa olo	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Maadoituselektrodin rakenne:						
	Perustusmaadoitus	<input type="checkbox"/>					
	Muu, mikä?						
	Perustelut						
m)	Sähkölaitteiston vaatima tila	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Huom!						
n)	Erikoistilat	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly	<input type="checkbox"/>		
	Kohdetta koskevat erikoistilat:						
	Lätkintätila	Liite					
	Räjähdyshaarallinen tila	Liite					
		Liite					
KESKUKSEN NIMI JA TUNNUS:							
2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet)							
Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista		<input type="checkbox"/>	Suurin resistanssi _____ Ω, ryhmässä _____				
Jatkuvuus todettu vaatimusten mukaiseksi		<input type="checkbox"/>					
Liitteet: _____							
3. ERISTYSRESISTANSSI							
Kohde	Ryhmä nro	R_p/MQ	Huom.	Kohde	Ryhmä nro	R_p/MQ	Huom.
Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi <input type="checkbox"/>							
PE- ja N-johtimien yhdistys on palautettu mittausten jälkeen entiselleen <input type="checkbox"/>							
Erikoistimenpiteet mittausten suorittamisessa: _____							
Liitteet: _____							

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ					
	I_k / A	Z_s / Ω	Suojalaite	In/A (suojalaitteet)	
Keskus					
Epäedullisin piste (0,4 s)					
Epäedullisin piste (5,0 s)					

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu mittaamalla ☐ Vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla ☐

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla ☐

Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset ☐

Liitteet: _____

Vikavirtasuojat									
Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo / mitattu arvo		Painike-testaus	Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo / mitattu arvo		Painike-testaus
		I_{nms}	I_{an}				I_{nms}	I_{an}	

Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi ☐ Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus

Liitteet: _____

5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS		
Keskus	<input type="checkbox"/>	3-vaihepistorasiat <input type="checkbox"/> Ei sisälly asennukseen <input type="checkbox"/>

6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT		
Koneet ja laitteet	<input type="checkbox"/>	Toiminnalliset kokonaisuudet <input type="checkbox"/> Ei sisälly asennukseen <input type="checkbox"/>

7. EMC-SUOJAUS	
Kohteessa on käytetty TN-S-järjestelmää	<input type="checkbox"/>
Maadoitukset ja potentiaalintasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input type="checkbox"/>
Kaapeleiden valinta, sijoittelu ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input type="checkbox"/>
Laittevalinnoissa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset	<input type="checkbox"/>
Asennuksissa on noudatettu laitevalmistajien ohjeita	<input type="checkbox"/>
Muuta, mitä?	_____
Liitteet:	_____
Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain ja valtioneuvoston asetuksen (1466/2007) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset	<input type="checkbox"/>

8. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE	
Kohteen kunnossapito-ohjelma	vaaditaan <input type="checkbox"/>
	ei vaadita <input type="checkbox"/>
Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelma	<input type="checkbox"/>
Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet	<input type="checkbox"/>
Kohteessa on poistumisreititvalaistus	<input type="checkbox"/> Kohteessa on poistumisreititvalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelma <input type="checkbox"/>

9. SEURAAVA MÄÄRÄAIKATARKASTUS	
Tarkastus: vaaditaan <input type="checkbox"/> määräaikaistarkastuksen ajankohta _____	
	ei vaadita <input type="checkbox"/>
Huom!	_____

4 (4)

10. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA KÄYTETYT STANDARDIT

Toteutuksessa on käytetty standardikäsikirjaa SFS 600-1/2012 ja
muuta, mitä? _____

Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi ☐

11. PALOVAROITTIMET

☐ Vakuutamme, että asennetut palovaroittimet täyttävät niille säädöksissä ja määräyksissä asetetut vaatimukset (pelastustoimen laitelaki, asetus palovaroittimien teknisistä ominaisuuksista, sähköturvallisuussäädökset jne.) ja että ne on asennettu ao. suunnitelman mukaisesti.

☐ Palovaroittimen käyttö- ja huolto-ohjeet on luovutettu.

Selvitys, kuinka palovaroittimien virran ja varavirran syöttö on toteutettu:

Lisätietoja:

☐ Palovaroittimien osalta on laadittu erillinen asennustodistus, jossa on mainittu edellä esitellyt asiat ja joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.

12. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)

Päiväys	Päiväys
Allekirjoitus ja nimen selvitys	Allekirjoitus ja nimen selvitys

Mittauksissa käytetyt mittalaitteet:

13. LUOVUTUSMERKINTÄ

- a) Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty: Verkkoyhtiö ☐ Verkkoyhtiön nimi _____
TUKES ☐
- b) Käytön opastus ☐ Sovittu pidettäväksi pvm _____. 20 ____
- c) Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen ☐
Liitteet: _____
- d) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu ☐
- Luettelo piirustuksista
ja dokumenteista:

Lisätietoja:

Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvitys
---------	---------------------------------

14. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS

Olen vastaanottanut kohdassa 13, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset.
Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöajan ajan.

Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvitys
---------	---------------------------------

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan täyttöohje, ks. liite 1.
Mittauksissa tarvittavaa perustietoa, ks. liite 2.

Liite 2. Merkki- ja turvavalaistuksen tarkastuspöytäkirja

Läsnä Joni Löf	Pvm 19.1.2015	Läsnä Pvm 23-11-2015	Sivu 1(2)
Projektin nimi			
Asioiden nimi		Projektin numero	
Tiedoston nimi Merkki- ja turvavalaistusjärjestelmä		Pöytäkirja	

Tarkastuspöytäkirja Merkki- ja turvavalaistusjärjestelmä
(Urakoitsijan oma tarkastus)

Kohde: _____ **Tarkastuspvm:** _____

Allekirjoitukset:

Tarkastaja: _____ **Hyväksyjä:** _____
Joni Löf

Tarkastuskohde	I	V	Puutteet/Huomautukset	Vast. blo.	Korjattu	Tarkasti
- Vertaus työpiirustuksiin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

1. KESKUS

1.1 Kinnitys alustaan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.2 Kansien lukitus ja saranat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.3 Vaunut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.4 Maadoitus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.5 Merkintä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.6 Luuletus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.7 Varasulakkeet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.8 Akkukaapit kiinnitetty	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.9 Kivulitun merkinnat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

2. KAAPELIT

2.1 Kaapeliin kiinnitys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
2.2 Lapivierit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
2.3 Vedonpoisto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
2.4 Kytkentäla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
2.5 Paloalueet huomottu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
2.6 Käsioiden merkinnat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

3. VALAISIMET

3.1 Joiminta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
3.2 Upastus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
3.3 Asennus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

4. MITTAUS- JA KOESTUS

4.1 Keskukseen akkukäyttötestaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
4.2 Turva-aloituskoimen koestus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
4.3 Hälytyksen siirto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

5. VARAVALOT / AKUT

5.1 Kaapelointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5.2 Vedonpoistot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5.3 Akkukokoon kunnio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

6. KÄYTÖNOPASTUS

	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
--	--------------------------	--------------------------	--	--	--

7. VIRANOMAISTARKASTUS

	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
--	--------------------------	--------------------------	--	--	--

8. MUUTA

	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Järjestelmä:
Keskus:

☐ VIRHEET JA PUUTTEET MERKITTY LIITTEEN PIIRUSTUKSIIN

LIITTEET:

☐ Tasokuvia: ☐ kpl
☐ Kaaviot: ☐ kpl

☐

Liite 3. Lämpöreiden mittaus- ja tarkastuspöytäkirja

Lähtö Joni Löf	Pöytä 23.11.2015	Loppu Pöytä 23.11.2015	Sivu 1(1)
Projektin nimi		Projektin numero	
Asiakkaan nimi		Prosessivaihe	
Tiedoston nimi			

Sähkö lämpöreiden mittaus- ja koestuspöytäkirja

Työnumero:				Mittauksen suoritti:								
Mittari:				Päivämäärä: 23.11.2015								
Kone	Asennettu			Releavot		Mitatut arvot					Keskus	
	Kaapeli mm ²	Ryhmä- numero	Sulake A	As.alue A	Asett. A	Virta norm.	cos	L1	L2	L3	Sijainti	Huom
Kiertolämpölämmitin, 67K SK07	1,5	21	10	1,3-1,7	1,5			1,2			PK B0-1.1.D	
Kiertolämpölämmitin, 67K SK08	1,5	22	10	1,3-1,7	1,5			1,2			PK B0-1.1.D	
Kiertolämpölämmitin, 67K SK10	1,5	23	10	1,3-1,7	1,5			1,2			PK B0-1.1.D	
Kiertolämpölämmitin, 67K SK11	1,5	24	10	1,3-1,7	1,5			1,2			PK B0-1.1.D	
Lämmityspatteri pumppu 64P04	12,5	32	16	0,23-0,31	0,29			0,1	0,1	0,2	PK B0-1.1.D	

Projektin yhteystiedot:			
-------------------------	--	--	--

Liite 4. Lämmityskaapeleiden tarkastuspöytäkirja

Laaja Joni Löf	POM 23.11.2015	Luote POM 23.11.2015	Sivu 1(1)
Projektin LBL Yhteisö			
Asiakkaan nimi		Projektin numero	
Tiedoston nimi Lämmityskaapelit		Prosessin nimi	

Sähkö lämmityskaapeleiden mittauspöytäkirja

Työ-
/piirustusnumero

Mittauksen suoritti

Muutos

Tarkastaja Joni Löf

[illegible]

	Projektin yhteystiedot:	Yksikön yhteystiedot:	
--	-------------------------	-----------------------	--

Liite 5. Yleiskaapeloinnin mittausraportti

